TA/Sekjur/TE/2018/010

ANALISA OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA JALUR DISTRIBUSI CHF 3 PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK

SKRIPSI

untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Sarjana S1

Disusun oleh:

RIDHO WIDODO

14524046

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta

2018

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA JALUR DISTRIBUSI CHF 3 PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Disusun oleh:

Ridho Widodo
14524046

Yogyakarta, 14-Mei-2018

Menyetujui,

Pembimbing

Wahyudi Budi Pramono S.T., MT.
985240104

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISA OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA JALUR DISTRIBUSI CHF 3 PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Ridho Widodo

14524046

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 25 Mei 2018

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Wahyudi Budi Pramono, S.T., M.Eng. _____

Anggota Penguji 1: Setyawan Wahyu Pratomo, S.T., M.T. _____

Anggota Penguji 2: Yusuf Aziz Amrullah, S.T., M.Sc, Ph.D. _____

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 30 Mei 2018

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Eng. Hendra Setiawan, S.T., M.T.
NIK. 025200526

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan Saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi Skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi Skripsi terkait paten maka akan diskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 25 Mei 2018

Ridho Widodo

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul "ANALISA OPTIMALISASI PENEMPATAN KAPASITOR BANK PADA JALUR DISTRIBUSI CHF 3 PT. BUKIT ASAM (PERSERO) TBK".

Dalam penulisan laporan ini penulis menyadari banyak sekali pihak-pihak yang membantu sehingga laporan skripsi ini dapat selsai. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala nikmat, rahmat, hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat melaksanakan penelitian dan mengerjakan laporan skripsi ini dengan lancar.
2. Orang tua penulis yang telah memberikan dukungan doa, moral maupun material.
3. Bapak Hendra Setiawan selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam, Imdonesia.
4. Bapak R M Sisdarmanto Adinandra, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Wahyudi, S.T. selaku Dosen Pembimbing skripsi.
6. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan materi dan ilmu pada saat perkuliahan ataupun di luar perkuliahan.
7. Teman-teman serta semua pihak yang sudah membantu dalam pelaksanaan pengumpulan data dan penyusunan laporan.

Dalam penulisan laporan ini penulis meyadari masih banyak kekurangan. Sehingga diperlukannyan kritik yang bersifat membangun agar kedepannya lebih baik lagi. Penulis berharap laporan ini dapat berguna untuk semua orang yang membutuhkannya.

Yogyakarta,14 Mei 2018

Penulis,

Ridho widodo

ABSTRAK

Beban listrik di industri lebih banyak bersifat induktif. Penggunaan beban yang bersifat induktif dalam kapasitas besar ini dapat menyebabkan penurunan faktor daya, memperbesar jatuh tegangan dan rugi-rugi daya. Salah satu upaya untuk memperbaiki faktor daya, mengurangi jatuh tegangan dan juga rugi-rugi daya dilakukan dengan pemasangan kompensasi daya reaktif yang cukup dalam sistem tersebut. Penelitian ini dilakukan pada jaringan distribusi CHF 3 PT Bukit Asam (Persero) Tbk dengan beban terbesar berupa motor induksi. Metode penelitian yang digunakan dengan menghitung kebutuhan daya reaktif keseluruhan dalam sistem agar nilai faktor daya lebih besar dari 0,95 *lagging*. Lokasi penempatan kompensasi daya reaktif dibandingkan antara *global compensation* dengan *group compensation*. Parameter yang diamati adalah faktor daya, besarnya jatuh tegangan di setiap bus dan rugi rugi daya total dalam sistem. Perhitungan parameter dengan menggunakan bantuan perangkat lunak ETAP 12.6. Analisis ekonomi dilakukan terhadap penambahan kompensasi daya reaktif tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan kompensasi daya reaktif di *global compensation* sebesar 1300 kVAR menghasilkan faktor daya 0,96 *lagging*, total rugi rugi daya sebesar 62,7 kW, tegangan terendah pada bus 37 sebesar 19.8 kV dan biaya pemasangan Rp. 864.000.000,-. Sedangkan pemasangan kompensai daya reaktif di *group compensation* sebesar 1304 kVAR menghasilkan faktor daya 0,96 *lagging*, total rugi rugi daya sebesar 57 kW, tegangan terendah pada bus 37 sebesar 19.811 kV dan biaya pemasangan sebesar Rp. 836.680.000,-.

Kata Kunci : daya reaktif, faktor daya, jatuh tegangan, rugi-rugi daya, ekonomi.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGASAHAN i

PERNYATAAN vii

KATA PENGANTAR iv

ABSTRAK vi

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR ix

DAFTAR TABEL x

BAB I 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 1

1.3 Tujuan Penelitian 2

1.4 Manfaat Penelitian 2

1.5 Batasan Masalah 2

BAB II 3

2.1 Studi Literatur 3

2.2 Tinjauan Teori 3

2.2.1 Daya 4

2.2.2 Faktor Daya 5

2.2.3 Kapasitor Bank 6

2.2.4 Metode Pemasangan Kapasitor Bank 7

2.2.5 Perhitungan Tarif Daya Listrik 8

BAB III 11

BAB IV 13
4.1 Data Beban.....13
4.2 Aliran Daya.....16
4.3 Perbaikan Faktor Daya 18
4.4 Profil Tegangan 22
4.5 Perbaikan Rugi Rugi Daya 24
4.6 Nilai Ekonomi.....24
BAB V.....28
5.1 Kesimpulan.....28
5.2 Saran 29
DAFTAR PUSTAKA 30
LAMPIRAN.....31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Segitiga daya 4

Gambar 2.2 Perbaikan faktor daya menggunakan kapasitor bank 6

Gambar 2.3 Metode pemasagan kapasitor bank secara *global compensation* 7

Gambar 2.4 Metode pemasagan kapasitor bank secara *group compensation* 8

Gambar 2.5 Metode pemasagan kapasitor bank secara *individual compensation* .. 8

Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian 11

Gambar 4.1 Diagram segaris simulasi CHF 3 16

Gambar 4.2 Hasil simulasi aliran daya tanpa kapasitor bank 17

Gambar 4.3 Hasil simulasi aliran daya dengan kapasitor bank *global compensation* 19

Gambar 4.4 Hasil simulasi aliran daya dengan kapasitor bank *grup compensation* 21

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tarif daya listrik.....9

Tabel 4.1 Data beban pada daerah briket baru.....13

Tabel 4.2 Data beban SBS 13

Tabel 4.3 Data beban pada daerah SUB I 14

Tabel 4.4 Data beban pada daerah SUB III.....15

Tabel 4.5 Data beban pada daerah SUB II.....15

Tabel 4.6 Data beban pada daerah SUB IV 15

Tabel 4.7 Nilai kompensasi daya reaktif dan kapasitor disubdistribusi.....20

Tabel 4.8 Perbandingan profil faktor daya.....22

Tabel 4.9 Perbandingan profil tegangan 23

Tabel 4.10 Daftar harga perancangan kapasitor bank.....25

Tabel 4.11 Perhitungan biaya kapasitor bank 25

Tabel 4.12 Penghematan daya aktif dan reaktif kapasitor bank.....26

Tabel 4.13 Tabel keuntungan pemasangan kapasitor bank.....27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik adalah perpindahan elektron negatif ke positif atau sebaliknya yang menghasilkan suatu energi, dan energi inilah yang digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, baik itu kebutuhan komersial maupun kebutuhan industri. Energi listrik ini berasal dari berbagai macam bentuk energi lain. Misalnya energi gerak berubah menjadi energi listrik. Energi gerak berasal dari berbagai sumber misalnya angin, air, dan uap. Energi gerak tersebut digunakan untuk menggerakan turbin generator. Uap sebagai penggerak turbin generator ini berasal dari pengubahan zat cair menjadi gas, yang harus membutuhkan energi panas untuk mengubah zat tersebut. Salah satu energi panas adalah dengan pembakaran batubara. Batubara ini digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi uap yang dapat memutar turbin generator.

Banyak perusahan yang bergerak dibidang industri untuk kegiatan operasionalnya menggunakan motor listrik yang berkapasitas besar. Penggunaan motor listrik yang berkapasitas besar ini akan mempengaruhi besarnya faktor daya pada sistem kelistrikan di perusahaan tersebut. Nilai faktor daya yang kecil ini akan mengakibatkan enrgi yang dikirimkan kebeban tidak dipakai seutuhnya oleh beban, yang mengakibatkan rugi-rugi daya. Sedangkan nilai faktor daya yang besar (nilai maksimum faktor daya = 1) akan membuat daya yang dikirim dari pembangkit untuk beban ini akan dipakai seutuhnya, sehingga tidak terjadi rugi-rugi daya. Hal inilah yang melatar belakangi penelitian ini untuk membahas tentang perbaikan fakor daya dengan menggunakan kapasitor bank pada jaringan distribusi di perusahaan industri yang menggunakan banyak beban motor listrik.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Perlunya meningkatkan nilai faktor daya untuk mengurangi rugi-rugi daya yang disebabkan oleh beban motor listrik.

2. Diperlukannya kapasitor bank untuk memperbaiki nilai faktor daya, mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki profil tegangan yang disebabkan oleh beban induktif.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penilitian ini yaitu untuk mencari nilai kapasitor bank dan penempatan kapasitor bank yang tepat, dengan memepertimbangkan nilai faktor daya, rugi-rugi daya, profil tegangan dan membandingkan nilai ekonomi dari penempatan kapasitor bank.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Dapat menghitung nilai daya reaktif yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya pada beban motor listrik.
2. Mengetahui nilai kapasitor bank yang dibutuhkan untuk memperbaiki faktor daya pada beban motor listrik.
3. Dapat mengetahui penempatan kapasitor bank yang paling optimal dengan membandingkan nilai faktor daya, profil tegangan, rugi-rugi daya dan nilai ekonominya.
4. Dengan menggunakan nilai kapasitor bank yang tepat maka akan mengurangi rugi-rugi daya yang disebabkan oleh motor listrik.

1.5 Batasan Masalah

Masalah yang dibahas pada penelitian ini dibatasi pada perancangan kapasitas daya reaktif kapasitor bank dan penempatan kapasitor bank yang baik pada beban motor listrik yang terdapat di jalur distribusi CHF 3 PT Bukit Asam (Persero) Tbk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Dalam melakukan penelitian sangat dibutuhkan data-data yang mendukung suatu penelitian untuk melakukan analisa aliran daya. Data-data yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi *one line diagram* pada ETAP yaitu data daya pemakain, data beban trafo, dan juga data jaringan. Data inilah yang nantinya akan digunakan pada ETAP untuk melakukan simulasi yang sesuai dengan keadaan, dan juga spesifikasi peralatan di lapangan. Setelah melakuakn simulasi *load flow analysis* pada ETAP. Hasil dari *analysis* inilah yang akan menjadi dasar untuk melakukan penentuan lokasi, ukuran, dan jumlah kapasitor yang akan digunakan[5].

2.2 Tinjauan Teori

Peningkatan yang terjadi pada kebutuhan dan pemakain listrik yang baik dari segi kualitas dan kuantitas adalah salah satu faktor mengapa perusahaan penyedia listrik perlu memberi perhatian terhadap isu kualitas daya listrik. Terlebih pada konsumen perindustrian yang membutuhkan daya listrik yang baik dari segi kontinuitas dan juga kualitas tegangan yang disuplai untuk mesin-mesin pada perindustrian. Karena mesin-mesin perindustrian ini sangat sensitif terhadap lonjakan atau ketidak stabilan tegangan yang terjadi pada aliran daya listrik. Kualitas daya listrik ini merupakan gambaran bagus atau tidaknya suatu sistem tenaga listrik dalam mengatasi gangguan pada sistem tersebut [1].

Masalah yang timbul karena kualitas daya yang tidak baik akan mengkibatkan masalah lonjakan atau perubahan tegangan, arus dan frekuensi yang akan menimbulkan kegagalan pada peralatan sistem tenaga listrik. Kegagalan tersebut akan merusak peralatan sistem tenaga listrik baik dari sisi pengirim maupun dari sisi penerima. Untuk mengatasi masalah tersebut maka harus mempunyai sistem tenaga listrik yang baik [1].

2.2.1 Daya

Daya adalah suatu energi yang diperlukan dalam melakukan usaha. Daya dalam sistem tenaga listrik memiliki satuan Watt, yang merupakan perkalian dari tegangan (volt) dengan arus (ampere). Sehingga besarnya daya dapat dihitung dengan :

$$P = V \times I \tag{2.1}$$

Dengan nilai :

P = daya (Watt)

V = tegangan (Volt)

I = arus (Ampere)

Daya dibagi menjadi tiga yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Untuk perhitungan dari ketiga daya tersebut dapat kita lakukan dengan persamaan dibawah ini :

a. Daya aktif (watt) $= V \times I \times Cos\,\theta$ (2.2)

b. Daya reaktif (VAR) $= V \times I \times Cos\,\theta$ (2.3)

c. Daya semu (VA) $= \sqrt{P^2 + Q^2}$ (2.4)

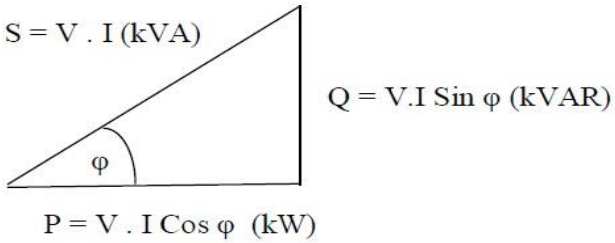
Dengan nilai :

P = daya aktif (watt)

Q = daya reaktif (VAR)

S = daya semu (VA)

$\cos\theta$ = faktor daya



Gambar 2.1 Segitiga Daya

2.2.2 Faktor Daya

Faktor daya (cos phi) adalah perbandingan antara daya aktif dan daya reaktif yang digunakan pada sistem *Alternating current* (AC) atau beda fase antara tegangan dan arus. Besarnya nilai faktor daya dapat ditentukan dengan rumus :

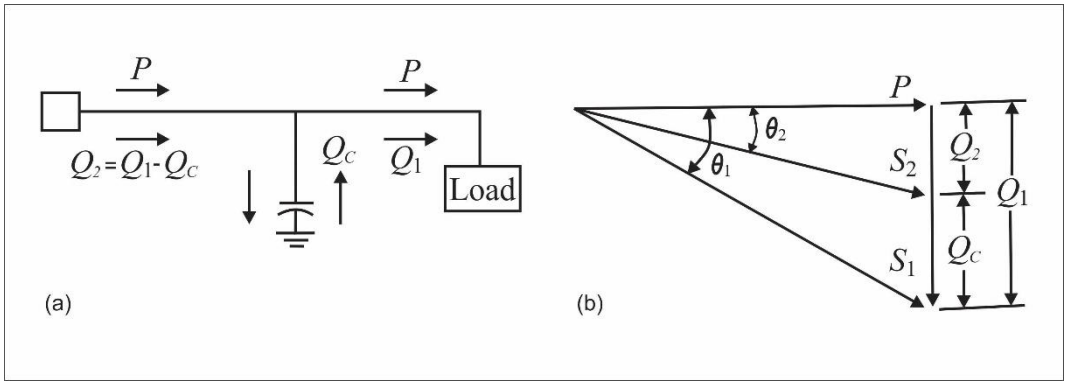
$$faktor\ daya = \frac{\text{Daya aktif (P)}}{\text{Daya semu (S)}}$$

$$= \frac{\text{V I} \cos\theta}{\text{V I}}$$

$$= \cos\theta \qquad (2.5)$$

Faktor daya merupakan besaran yang menunjukan besar efisiensi dalam menyalurkan daya yang akan digunakan. Faktor daya yang baik mendekati angka 1 dan sebaliknya faktor daya yang buruk turun yang mendekati nilai 0. Apabila faktor daya jelek maka sistem akan membangkitkan daya yang lebih besar untuk memenuhi permintaan daya aktif. Faktor daya yang rendah ini dapat disebabkan oleh pengoperasian beban induktif yang diakibatkan oleh motor induksi dan unit lain yang memerlukan arus magnetisasi yang aktif. Tiga jenis faktor daya dalam sistem kelistrikan yaitu :

a. Faktor daya mendahului *(leading)* dapat dipengaruhi dengan kondisi beban, dimana tegangan dijadikan referensi untuk menetukan keadaan *leading* atau *lagging*. Faktor daya *leading* apabila arus mendahului tegangan sebesar $\theta°$. Sehingga beban akan memberikan daya reaktif.
b. Faktor daya tertinggal *(lagging)* dapat dipengaruhi dengan kondisi beban, dimana tegangan dijadikan referensi untuk menetukan keadaan *leading* atau *lagging*. Faktor daya *lagging* apabila arus tertinggal dari tegangan sebesar $\theta°$. Sehingga beban akan menyerap daya reaktif.
c. Faktor daya *unity* adalah pada saat nilai cos θ = 1, dan tegangan sephasa dengan arus, faktor daya *unity* akan terjadi apabila beban bersifat resistif murni.



Gambar 2.2 Perbaikan Faktor Daya Menggunakan Kapasitor [2]

Besarnya nilai faktor daya pada keadaan *lagging* adalah

$$\cos\theta = \frac{P}{S} \tag{2.6}$$

Perbaikan faktor daya juga dapat dilakukan dengan metode perhitungan segitiga daya, yaitu:

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P^2} \tag{2.7}$$

$$Q_2 = \sqrt{S_2^2 - P^2} \tag{2.8}$$

$$Q_c = Q_1 - Q_2 \tag{2.9}$$

Untuk menentukan nilai kapasitor bank dari setiap stepnya maka dapat dilakukan dengan perhitungan seperti persamaan (2.10).

$$Q_{step} = \frac{Qc\ (total)}{jumlah\ step} \tag{2.10}$$

Kemudia untuk mengetahui nilai dari kapasitor kita dapat menggunakan persamaan (2.11).

$$C = \frac{Q}{-V^2\ X\ 2\ \pi\ F} \tag{2.11}$$

2.2.3 Kapasitor Bank

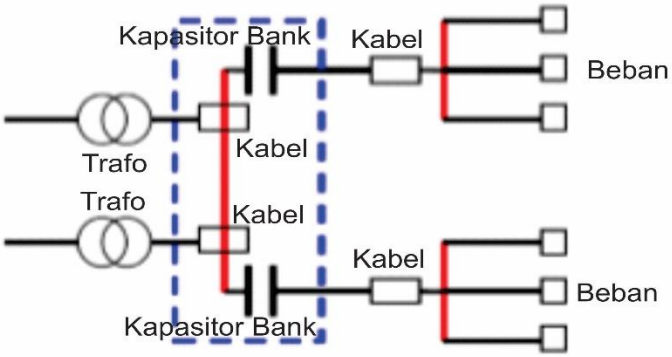
Kapasitor bank adalah rangkaian yang terdiri dari beberapa rangkaian kapasitor. Kapasitas dalam suatu unit kapasitor menyatakan besar daya reaktif yang dihasilkan pada tegangan dan frekuensi nominalnya, yang satuannya adalah VAR. Kapasitor bank ini juga sering disebut dengan kapasitor daya karena penggunaannya pada

daya yang besar untuk memperbaiki faktor daya pada sistem peralatan listrik.

2.2.4 Metode Pemasangan Kapasitor Bank

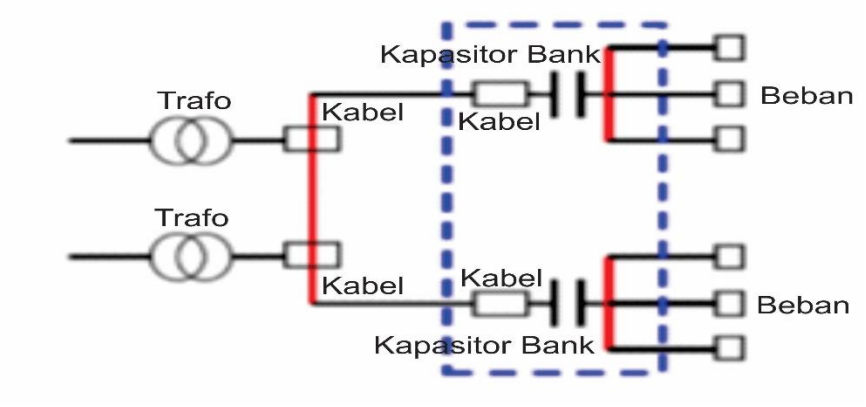
Pemasangan kapasitor bank dilakukan dengan 3 cara yaitu metode *global compensation, group compensation, dan individual compensation* [1].

a. *Global compensation* adalah metode yang dilakukan dengan menempatkan kapasitor bank pada pusat sistem distribusi, akibatnya arus yang mengalir turun hanya diantara sistem pusat distribusi dan transformator sehingga arus setelah lewat sistem distribusi tidak dipengaruhi. Kelebihan dari metode ini yaitu pemanfaatan kompensasi daya dari kapasitor lebih baik karena beban tidak bekerja secara bersamaan dan biaya untuk perawatan dari kapasitor lebih rendah. Untuk lebih jelas penempatan kapasitor bank *global compensation* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



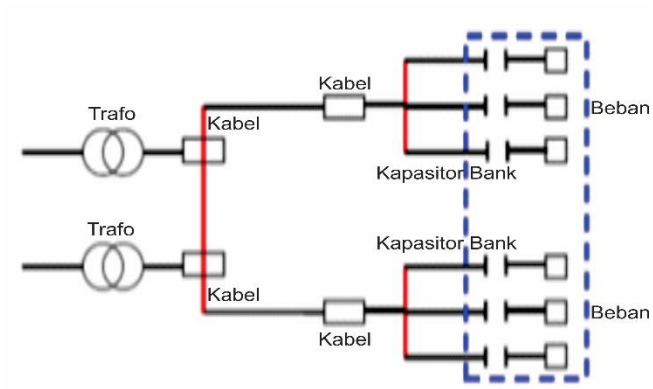
Gambar 2.3 Metode Pemasagan Bank Kapasitor Secara *Global Compensation*

b. *Group compensation* adalah metode ini dilakukan dengan cara memasang kapsitor bank pada subdistribusi. Metode ini lebih baik dipasang pada beban lebih dari ribuan kVA. Kelebihan dari metode ini adalah biaya pemasangan yang rendah tetapi kapasitas pemasangan dapat dipakai sepenuhnya. Kelemahan dari metode ini adalah perlunya pemasangan kapasitor bank pada setiap subdistribusi dan hanya memberikan kompensasi secara upstream. Untuk lebih jelas penempatan kapasitor bank *group compensation* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Metode Pemasagan Bank Kapasitor Secara *Group Compensation*

c. *Individual compensation* adalah metode ini dilakukan denagan cara memasang kapasitor bank pada setiap beban. Metode ini lebih baik karena langsung terpakai oleh beban langsung. Kelebihan dari metode ini yaitu meningkatkan kapasitas daya pada saluran, mengurangi jatuh tegangan pada saluran kemudian penyakelaran antara kapasitor dan beban dapat dilakukan secara bersamaan. Kelemahan dari metode ini yaitu biaya pemasangan kapasitor yang mahal, kapasitas kapasitor tidak seutuhnya terpakai, arus transien yang tinggi karena penyakelaran yang bersamaan. Untuk lebih jelas penempatan kapasitor bank *individual compensation* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Metode Pemasagan Bank Kapasitor Secara *Individual Compensation*

2.2.5 Perhitungan Tarif Daya Listrik

Tarif daya listrik (TDL) adalah harga yang telah ditetapkan oleh pemerintah untuk pelanggan listrik dari perusahaan listrik negara (PLN). Tarif daya listrik ini

dibagi menjadi dua golongan yaitu golongan tarif daya listrik subsidi dan golongan tarif daya listrik non subsidi. Untuk golongan tarif daya listrik yang mendapatkan subsidi yaitu golongan pemakain listrik pada rumah tangga yang dibawah 900 VA sedangkan penggunaan diatas 900 VA tidak mendapatkan subsidi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tarif daya listrik [3]

NO	GOL. TARIF	BATAS DAYA	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVARH (Rp/kVARh)
1	R-1/TR	900 VA-RTM	1352
2	R-1/TR	1300 VA	1467,28
3	R-1/TR	2200 VA	1467,28
4	R-2/TR	3500 VA- 5500 VA	1467,28
5	R-2/TR	> 6600 VA	1467,28
6	B-2/TR	6600VA - 200 kVA	1467,28
7	B-3/TM	> 200 kVA	Blok WPB = K X 1035,78 Blok LWBP = 10,5,78 kVARh = 1114,74
8	I-3/TM	> 200 kVA	Blok WPB = K X 1035,78 Blok LWBP = 10,5,78 kVARh = 1114,74
9	I-4/TT	> 30000 kVA	Blok WPB dan Blok LWBP = 996,74 kVARh = 996,74
10	P-1/TR	6600VA - 200 kVA	1467,28
11	P-2/TM	> 200 kVA	Blok WPB = K X 1035,78 Blok LWBP = 10,5,78 kVARh = 1114,74
12	P-3/TR		1467,28
13	L/TR,TM,TT		1644,52

PT Bukit Asam (persero) Tbk termaksud dalam golongan tarif industri yang menggunakan daya dari PLN sebesar 20 MW yang berarti dalam golongan tarif I-3/TM. Berdasarkan tarif daya listrik pada Tabel 2.1 dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persaamaan 2.12 dan 2.13 dibawah ini :

$$Biaya\ WBP = K \times Biaya\ pemakaian\ (Rp/kWh) \times Daya\ terpakai\ (kW) \times Waktu\ pemakaian \quad (2.12)$$

$$Biaya\ LWBP = Biaya\ pemakaian\ (Rp/kWh) \times Daya\ terpakai\ (kW) \times Waktu\ pemakaian \quad (2.13)$$

$$Biaya\ total = Biaya\ WBP + Biaya\ LWBP \quad (2.14)$$

Dengan nilai :

Biaya WBP = Biaya waktu beban puncak.

Biaya LWBP = Biaya luar waktu beban puncak.

K = 1.4 ≤ K ≥ 2, faktor perbandingan antara harga WBP dan LWBP Berdasarkan ketetapan dari PLN.

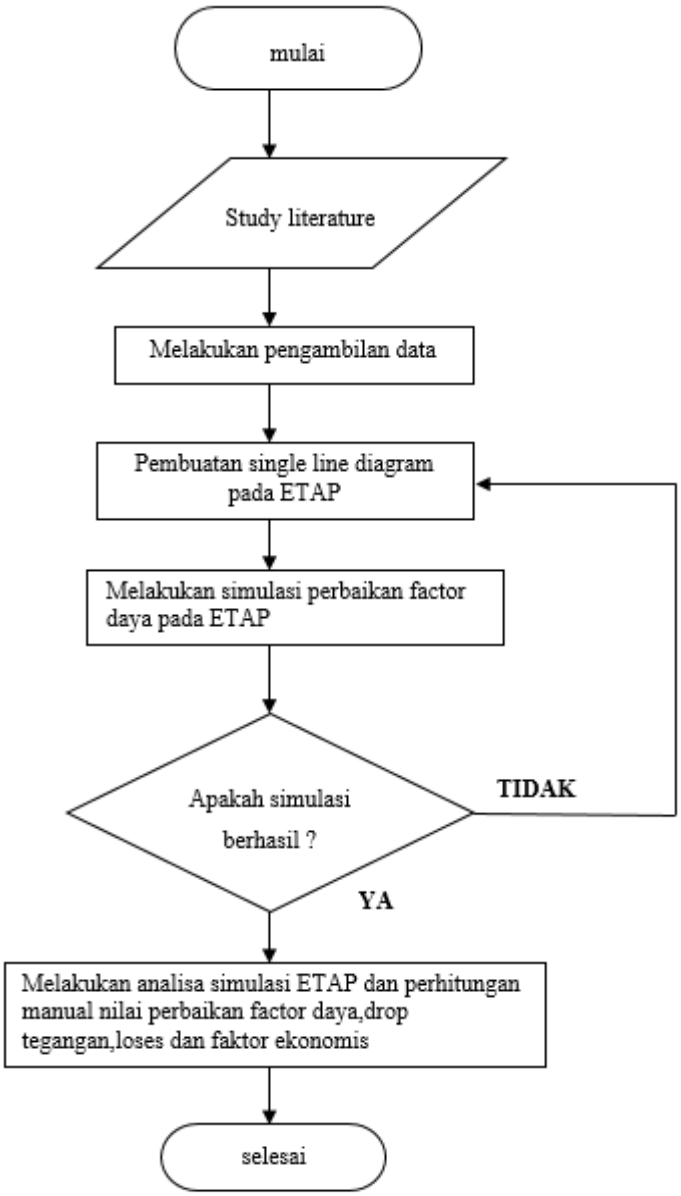
Karena PT Bukit Asam (Persero) Tbk termaksud dalam golongan I-3/TM maka apabila faktor daya berada dibawah 0.85 *lagging* akan dikenakan denda biaya kVAR. Untuk mengetahui denda yang harus dibayar dapat menggunakan persamaan 2.15 dibawah ini :

$$Biaya\ KVAR = Biaya\ pemakaian\ (Rp/kVARh) \times Daya\ terpakai\ (kVAR) \times Waktu\ pemakaian \quad (2.15)$$

BAB III

PERANCANGAN SISTEM

Metode ini akan menerangkan tetang jalannya penelitian yang akan dilakukan nantinya.



Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian

Gambar 3.1 menunjukan diagram alir penelitian yang dilakukan. Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan data-data yang mendukung untuk melakukan analisa aliran daya. Data yang diperlukna untuk membuat *one line diagram* pada ETAP antara lain data daya yang terpasang, data trafo, data beban dan data jaringan. Data inilah yang nantinya akan disimulasikan oleh ETAP agar sesuai dengan yang ada di lapangan. Kemudiasn dijalankan *load flow analysis* pada ETAP. Hasil *load flow analysis* dari ETAP akan dijadikan dasar dalam menetukan lokasi kapasitor bank, ukuran, jumlah unit kapasitor dan juga nilai ekonominya.

Setelah melakukan simulasi *load flow analysis* pada ETAP tanpa menggunakan kapasitor maka selanjutnya dilakukan *load flow analysis* menggunakan kapasitor bank. Pada penelitian ini menerapkan 2 metode penempatan kapasitor bank yaitu penempatan kapasitor secara *global compensation* dan *group compensation*. Setelah menjalankan *load flow analysis* pada ETAP dengan menggunakan kapasitor bank maka akan didapatakan data berupa faktor daya, profil tegangan dan *losses*.

Hasil dari ketiga *load flow analysis* ini akan dibandingkan berdasarkan faktor daya, profil tegangan, losses dan juga faktor ekonominya. Dengan mempertimbangkan dari keempat faktor tersebut maka optimalisasi penempatan kapasitor bank yang baik dapat diketahui.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Beban

Data beban yang digunakan diperusahaan PT Bukit Asam (Persero) Tbk akan ditampilkan pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.1 Data Beban Pada Daerah Briket Baru

Jenis Beban	Trafo (kVA)	Beban (kW)	Tegangan (V)
Motor Induksi 1	1000	340	380
Penerangan 1		85	220
Motor Induksi 2	1250	510	380
Penerangan 2		127,5	220
Motor Pompa KSB	700	355	500

Tabel 4.2 Data Beban SBS

Jenis Beban	Trafo (kVA)	Beban (kW)	Tegangan (V)
Motor CV-4	500	45	380
Motor CV-5		55	380
Motor RF-1		90	380
M4		0,75	380

Tabel 4.3 Data Beban Pada Daerah SUB I

Jenis Beban	Trafo (kVA)	Beban (kW)	Tegangan (V)
Motor *Feeder Breaker* 1	1000	150	380
Motor *Feeder Breaker* 2		150	380
Motor *Heat Exchanger*		0,75	380
Motor CV-1		55	380
Motor CV-2		55	380
Motor CV-3		55	380
Motor Magnet *Trolley* CV-1		9	380
Motor Magnet *Trolley* CV-2		9	380
Motor *Belt Flow* CV-3		1,65	380
Motor Pompa Air		37	380
Motor SBR	200	100	380

Tabel 4.4 Data Beban Pada Daerah SUB III

Jenis Beban	Trafo (kVA)	Beban (kW)	Tegangan (V)
Motor CV-5	1000	500	380
Penerangan	160	90	220

Tabel 4.5 Data Beban Pada Daerah SUB II

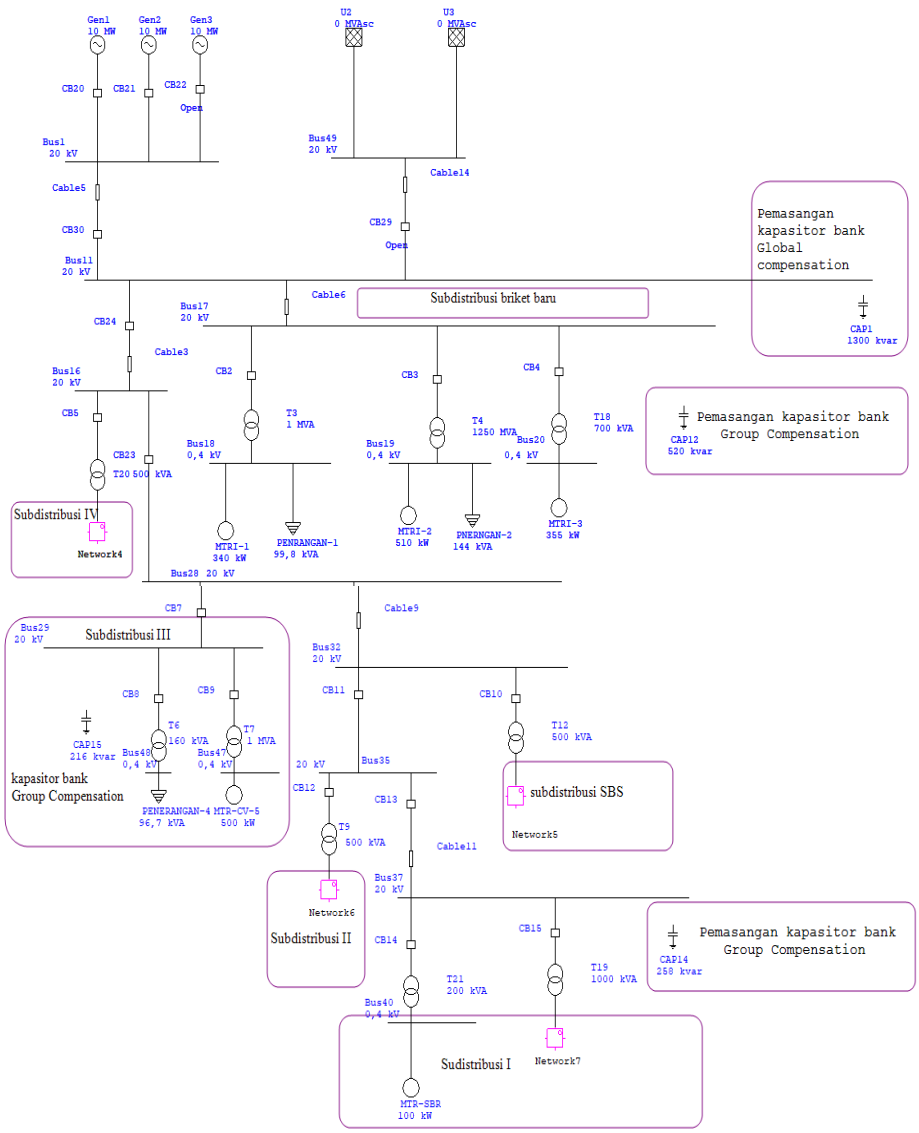
Jenis Beban	Trafo (kVA)	Beban (kW)	Tegangan (V)
Motor CV-4	500	150	380
Motor RF-1		9	380
Motor RF-2		9	380
Motor RF-3		9	380
Motor Magnet *Trolley* CV-4		9	380

Tabel 4.6 Data Beban Pada Daerah SUB IV

Jenis Beban	Trafo (kVA)	Beban (kW)	Tegangan (V)
Motor CV-6	500	315	380
Motor *Load Cut Hydraulic*		37	380
Motor *Washdown Pump*		18,5	380

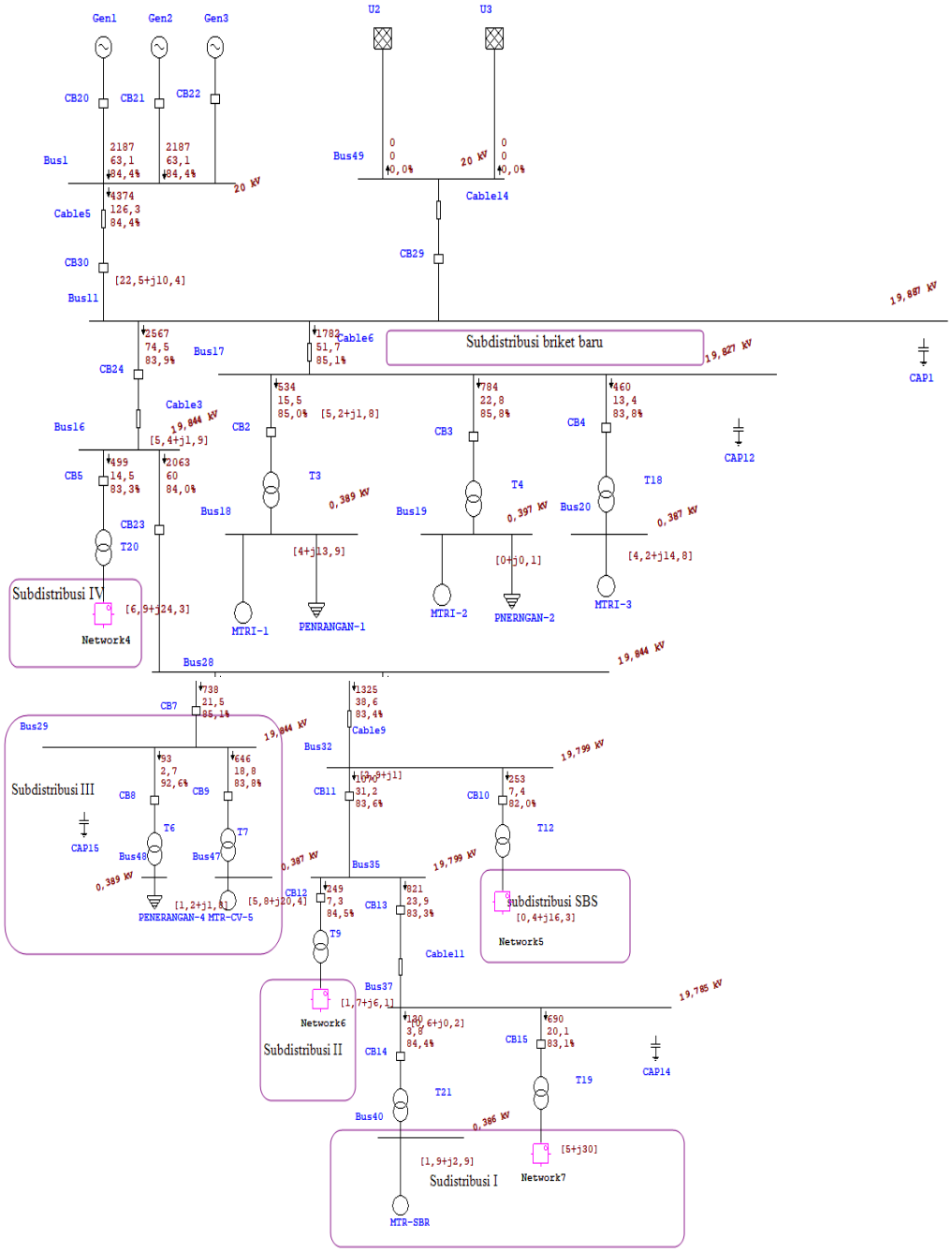
4.2 Aliran Daya

Pada sistem operasionalnya PT Bukit Asam (Persero) Tbk menggunakan dua buah sumber daya listrik, yaitu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) milik perusahaan yang mempunyai kapasitas sebesar 3 × 10 MW dan menggunakan cadangan tenaga listrik PLN dengan kontrak daya sebesar 20 MW tegangan 20 kV. Langkah awal untuk melakukan simulasi yaitu dengan memasukan data yang ada di Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.6 dan membuat rangkaian jaringan seperti yang ada diperusahaan PT Bukit Asam (Persero) Tbk pada jalur CHF 3.



Gambar 4.1 Diagram segaris simulasi CHF 3

Setelah membuat diagram segaris dan memasukan data yang ada langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi pada program ETAP. Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui aliran daya dari sumber PLTU maupun dari PLN kebeban CHF 3. Gambar 4.2 dibawah ini merupakan hasil dari simulasi aliran daya pada jaringan CHF 3 sebelum menggunakan kapasitor bank.



Gambar 4.2 Hasil simulasi aliran daya tanpa kapasitor bank

Berdasaarkan dari hasil perhitungan aliran daya dengan menggunakan data dari ETAP, daya aktif yang mengalir sebesar 3377.15 kW dan daya reaktif sebesar 2146.1036 kVAR dengan faktor daya sebesar 0.844 *lagging*. Terlihat bahwa sebelum adanya kompensasi daya reaktif dari kapasitor bank nilai faktor daya dari sistem tersebut masih rendah yaitu dibawah ketetapan PLN yaitu sebesar 0.85. penelitian ini akan membandingkan 2 metode pemasangan kapasitor bank yaitu metode pemasangan *global compensation* dan metode pemasangan *group compensation* dengan mempertimbangkan nilai faktor daya, *losses*, profil tegangan, dan juga dari faktor ekonominya.

4.3 Perbaikan Faktor Daya

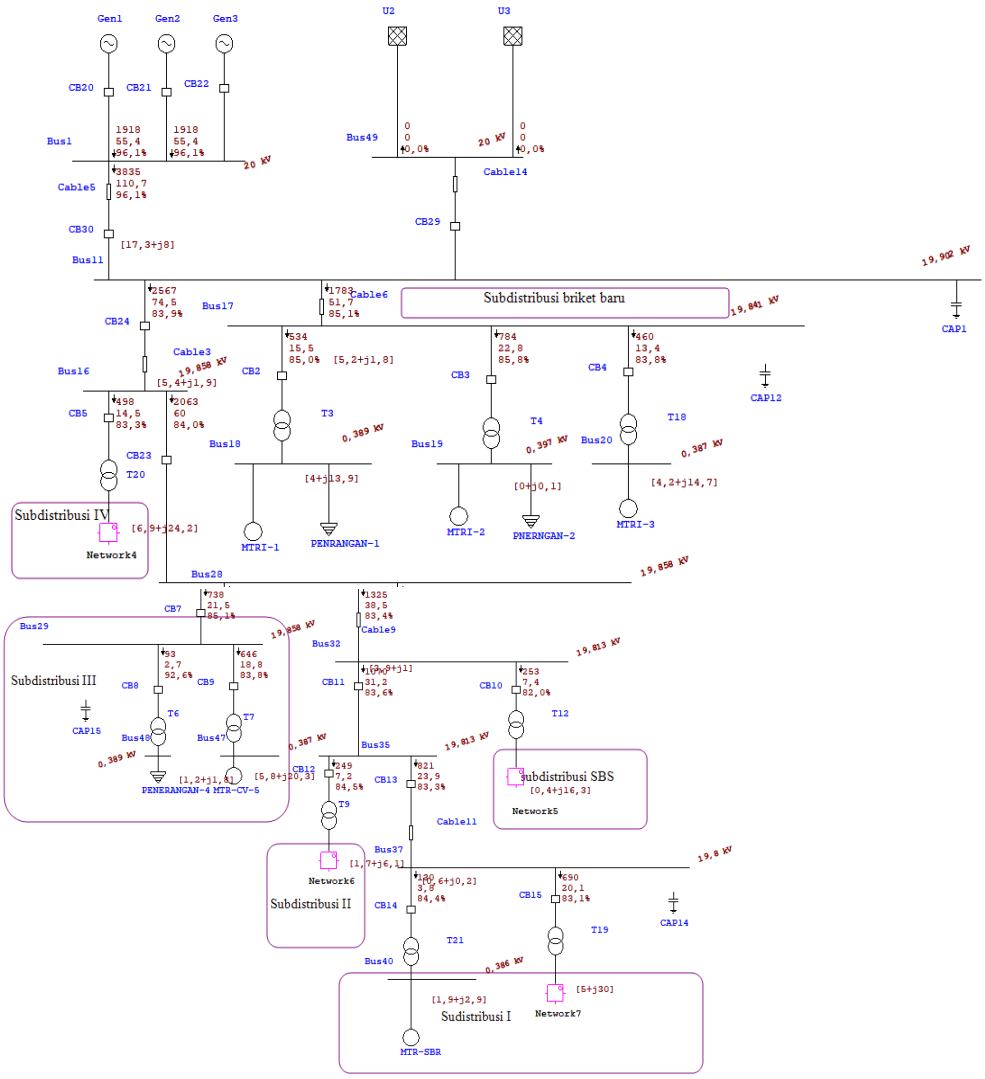
Perbaikan faktor daya dilakukan dengan cara meningkatkan nilai cos phi. Penelitian ini membandingkan 2 metode penenmpatan kapasitor bank yaitu penempatan kapasitor *global compensation* dan penempatan kapasitor *group compensation*. Berdasarkan hasil simulasi aliran daya sebelum adanya kapasitor bank yaitu daya aktif yang mengalir sebesar 3377.15 kW dan daya reaktif sebesar 2146.1036 kVAR dengan faktor daya 0.844 *lagging*.

A. Penempatan kapasitor bank *global compensation*

Pada penempatan kapasitor bank *global compesation* ini langkah pertama yang dilakukan adalah menetapkan faktor daya yang diinginkan. Pada penelitian ini menetapkan faktor daya minimal 0.95 *lagging* dikarenakan nilai cos phi yang baik ketika mendekati nilai 1 dan juga untuk mengantisipasi apabila ada beberapa beban yang tidak beroperasi sehingga faktor daya masih dalam kondisi normal [8].

Berdasarkan hasil simulasi sebelum adanya kapasitor bank P_{total} = 3377.15 kW, Q_{total} = 2146.1036 kVAR, faktor daya = 0.844 *lagging* dan S_{total} = 4001.3626 kVA. Untuk mendapatkan nilai faktor daya minimal 0.95 *lagging* maka diperlukan kompensasi daya reaktif. Untuk mengetahui kompensasi daya reaktif yang dibutuhkan dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (2.6), (2.7), (2.8) dan (2.9) sehingga didapatkan kompensasi daya reaktif sebesar 1300 kVAR.

Pada penelitian ini menentukan pembagian menjadi 3 step terhadap bank kapasitor, yang artinya kapasitor bank ini bekerja dengan tiga tahapan, dimana yang bekerja awal adalah step pertama, bila step pertama kurang untuk mengkompensasi daya reaktif yang dibutuhkan maka step kedua akan bekerja dan bila step kedua masih kurang untuk mengkompensasi daya reaktif yang dibutuhkan maka step ketiga akan bekerja. Dengan menggunakan persamaan (2.10) maka didapatkan nilai kompensasi daya reaktifnya sebesar 433 kVAR pada setiap stepnya dan untuk mengetahui nilai kapasitor bank pada setiap stepnya kita dapat menggunakan persamaan (2.12) yang hasilnya sebesar 3.44×10^{-6} farad.



Gambar 4.3 Hasil simulasi aliran daya dengan kapasitor bank *global compensation*

Berdasarkan simulasi pemasangan kapasitor *global compensation* faktor daya akhir menjadi 0.961 *lagging* yang didapatkan dari perhitungan segitiga daya seperti pada persamaan (2.6), (2.7), (2.8), (2.9) dan (2.10) yang sebelum pemasangan kapasitor bank mempunyai faktor daya 0.844 *lagging*.

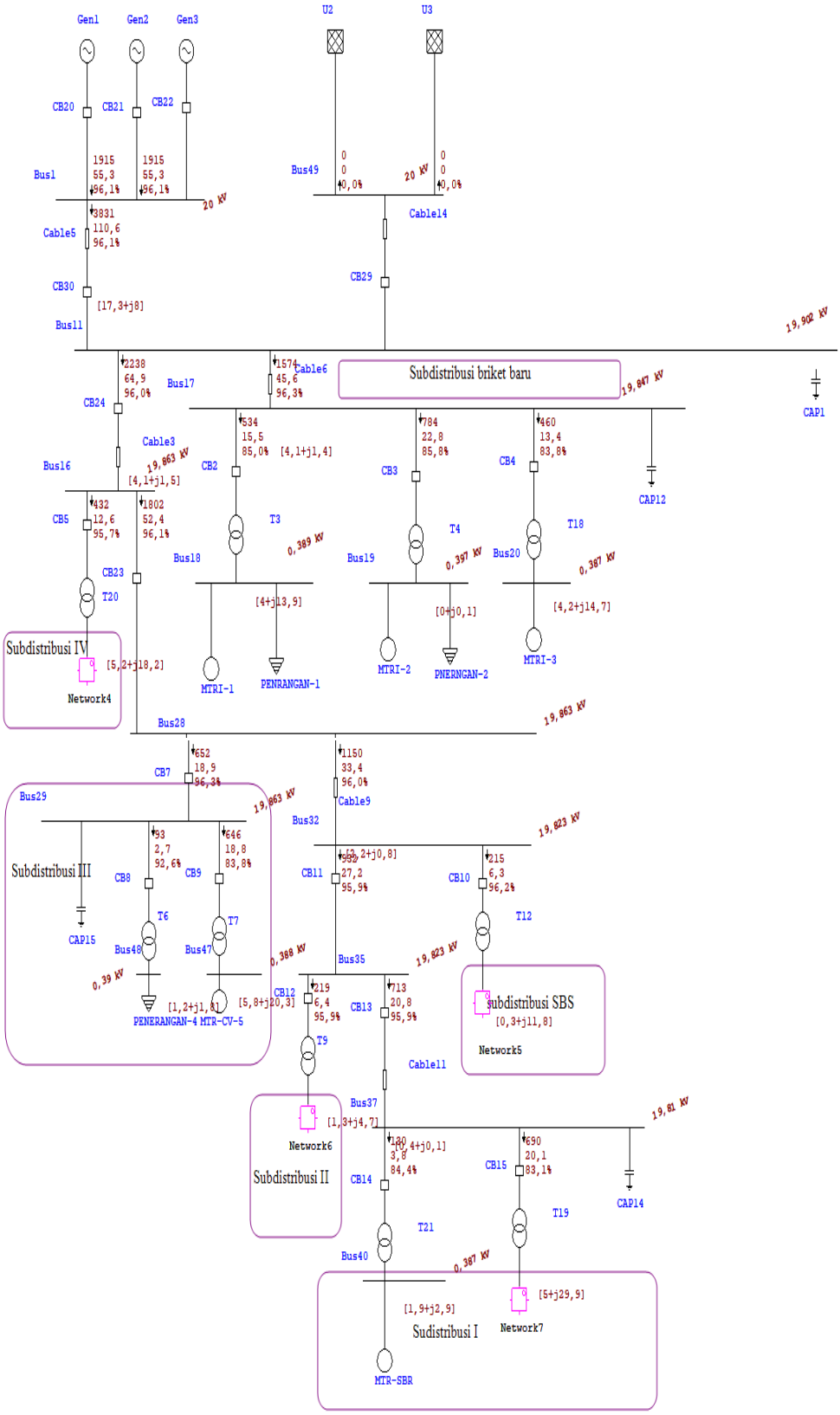
B. Penempatan kapasitor bank *group compensation*

Pada penempatan kapasitor bank *group compensation* ini dibagi menjadi 6 tempat antara lain : subdistribusi briket baru, subdistribusi SBS, subdistribusi I, subdistribusi II, subdistribusi III dan subdistribusi IV.

Dengan penempatan kapasitor bank *group compensation* ini maka langkah pertama adalah membuat kelompok beban yang terhubung pada bagian subdistribusi, kemudian dilakukan perhitungan beban total pada bagian beban yang terhubung pada jaringan subdistribusi tersebut dengan menggunakan persamaan (2.6), (2.7), (2.8), (2.9), (2.10), (2.11) sehinggan didapatkan hasil seperti pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai kompensasi daya reaktif dan kapasitor *group compensation*

NO	Posisi kapasitor bank	Kompensasi daya reaktif	Nilai capasitor
1	Subdistribusi briket baru	521 kVAR	4.14×10^{-6} farad
2	Subdistribusi SBS	85 kVAR	1.69×10^{-3} farad
3	Subdistribusi I	257 kVAR	2.046×10^{-6} farad
4	Subdistribusi II	72 kVAR	1.41×10^{-3} farad
5	Subdistribusi III	216 kVAR	1.72×10^{-6} farad
6	Subdistribusi IV	153 kVAR	3.05×10^{-3} farad



Gambar 4.4 Hasil simulasi aliran daya dengan kapasitor bank *group compensation*

Berdasarkan simulasi pemasangan kapasitor bank pada *group compensation* ini faktor daya total pada seluruh beban menjadi 0.961 *lagging* yang didapatkan dari perhitungan segitiga daya seperti pada persamaan (2.6), (2.7), (2.8), (2.9) dan (2.10) yang sebelum pemasangan kapasitor bank mempunyai faktor daya 0,84 *lagging*. pemasangan kapasitor bank *group compensation* dan *global compensation* mempunyai faktor daya yang sama yaitu sebesar 0.961 *lagging*. Untuk hasil dari perbandingan faktor daya dari sebelum pemasangan kapasitor bank, setelah pemasangan kapasitor bank *global compensation* dan *group compensation* dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbandingan profil faktor daya

Lokasi perbaikan faktor daya	Penempatan kapasitor bank		
	Tanpa kapasitor	*Global compensation*	*Group compensation*
Subdistribusi briket baru	0,851	0,851	0,963
Subdistribusi SBS	0,82	0,82	0,962
Subdistribusi I	0,833	0,833	0,959
Subdistribusi II	0,845	0,845	0,959
Subdistribusi III	0,851	0,851	0,963
Subdistribusi IV	0,833	0,833	0,957
Faktor daya akhir	0,844	0,961	0,961

Berdasarkan Tabel 4.8 untuk pemasangan kapasitor bank *global compensation* hanya terjadi perbaikan faktor daya pada cos phi akhir saja dan pada setiap lokasi subdistribusi tidak mengalami perbaikan faktor daya. Sedangkan pemasangan kapasitor bank *group compensation* mengalami perbaikan faktor daya pada semua jaringan subdistribusi dan juga pada faktor daya akhir. Itu disebabkan karena pemasangan kapasitor bank *global compensation* hanya berada disatu titik yaitu di pusat jaringan distribusi sedangkan pemasangan kapasitor bank *group compensation* tersebar pada setiap jaringan subdistribusi di CHF 3.

4.4 Profil Tegangan

Jatuh tegangan adalah besarnya tegangan yang hilang dalam suatu pengahantar. Dengan simulasi yang dilakukan di ETAP dapat mebandingkan profil tegangan

yang terjadi sebelum pemasangan kapasitor, setelah pemasangan kapasitor pada *global compensation* dan pemasangan kapasitor pada *group compensation*. Dengan demikian dapat dilihat profil tegangan yang paling rendah diantara dua metode tersebut. Untuk lebih jelas perbandingan profil tegangan antara sebelum pemasangan kapasitor bank, setelah pemasangan kapasitor bank dengan metode *group compensation* dan *global compensation* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perbandingan profil tegangan

NO	lokasi	Vdtanpa kapasitor (%)	Vd kapasitor bank *Global Compensation*(%)	Vd kapasitor bank *Group compensation* (%)
1	Bus 11	0,56	0,49	0,49
2	Bus 9	3,76	3,76	2,29
3	Bus 16	0,22	0,22	0,19
4	Bus 17	0,3	0,3	0,27
5	Bus 18	1,98	1,97	1,97
6	Bus 19	0	0	0
7	Bus 20	2,48	2,47	2,47
8	Bus 32	0,22	0,22	0,2
9	Bus 48	1,94	1,94	1,94
10	Bus 47	2,43	2,43	2,43
11	Bus 34	3,62	3,62	1,46
12	Bus 37	0,07	0,07	0,06
13	Bus 36	1,86	1,86	1,17
14	Bus 39	2,93	2,93	2,93
15	Bus 40	2,4	2,4	2,4

Berdasarkan Tabel 4.9 hasil dari simulasi pada ETAP bisa dilihat, pemasangan kapasitor bank ini dapat memperbaiki profil tegangan yang terjadi pada system kelistrikan. Yang dimana ketetapan PLN yaitu untuk kenaikan tegangan sebesar +5% dan untuk jatuh tegangan sebesar -10% [4]. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan tidak ada profil tegangan yang melebihi dari -10% jadi untuk profil tegangan masih dalam batasan normal. Tetapi bisa dilihat pada hasil simulasi untuk

beberapa wilayah dengan pemasangan kapasitor bank pada *group compensation* terjadi perbaikan profil tegangan yang sangat baik dibandingkan dengan pemasangan kapasitor bank pada *global compensation*.

4.5 Perbaikan Rugi Rugi Daya

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan pada program ETAP yang terlampir dapat dilihat rugi-rugi daya yang terjadi. Pada simulasi ini terdapat dua rugi-rugi daya, yaitu rugi-rugi daya aktif dan rugi-rugi daya reaktif. Sebelum dilakukan pemasangan kapasitor bank rugi-rugi daya aktif pada jaringan CHF 3 PT Bukit Asam sebesar 67.9 kW dan rugi rugi daya reaktif sebesar 145.9 Kvar. Setelah pemasangan kapasitor bank *global compensation* rugi-rugi daya aktif menjadi 62.6 kW, rugi-rugi daya reaktif sebesar 143.3 kVAR, dan untuk pemasangan kapasitor bank *group compensation* rugi-rugi daya aktif menjadi sebesar 57 kW dan rugi-rugi reaktif menjadi sebesar 130.2 kVAR. Dari data diatas dapat dilihat bahwa rugi-rugi daya aktif dan reaktif yang paling kecil adalah dengan pemasangan kapasitor bank *group compensation*.

4.6 Nilai Ekonomi

Faktor terakhir yang menjadi pertimbangan untuk penempatan kapasitor bank adalah faktor ekonomi. Penelitian ini akan membandingkan biaya yang dibutuhkan untuk pembelian kapasitor bank dan juga membandingkan keuntungan pemasangan kapasitor bank ini dalam perhitungan ekonomi. Pada pemasangan kapasitor bank *global compensation* memerlukan 1300 kVAR dan 1304 kVAR untuk *group compensation* agar faktor daya minimal menjadi 0.95 *lagging*. Untuk perawatan dan operasi penelitian ini menetapkan umur dari kapasitor bank adalah 10 tahun. Penempatan kapasitor bank *global compensation* pada tegangan 20 kV dan untuk penempatan kapasitor bank *group compensation* dibagi menjadi 6 penempatan yaitu 3 ditegangan 0.4 kV dan 3 ditegangan 20 kV. Sehingga didapatkan hasil perhitungan seperti data pada Tabel 4.11.

Berdasarkan daftar harga dari program ETAP dana yang dibutuhkan dalam perancangan kapasitor bank dapat kita lihat pada Tabel 4.10 dibawah ini :

Tabel 4.10 Daftar harga perancangan kapasitor bank

Ratting tegangan (kv)	Harga/ kVAR	Pemasangan	operasi/tahun
0,48	Rp. 140.000,-	Rp. 8.400.000,-	Rp. 1.400.000,-/bank
20,8	Rp. 560.000,-	Rp.16.800.000,-	Rp. 4.000.000,-/bank

Dari data Tabel 4.10 maka didapatakan hasil perbandingan perhitungan biaya total kapasitor bank dipusat distribusi dan kapasitor di subdistribusi seperti pada Tabel 4.11 dibawah ini. Untuk harga perawatan penulis menetapkan jangka waktu 10 tahun.

Tabel 4.11 Perhitungan biaya kapasitor bank

NO	Keterangan	Kapasitor bank *global compensation* (rupiah)	kapasitor bank *group compensation* (rupiah)
1	harga total kapasitor	Rp. 728.000.000,-	Rp. 599.080.000,-
2	harga instalasi	Rp, 16.000.000,-	Rp. 75.600.000,-
3	Harga operasi dan perwatan dalam 10 tahun	Rp. 120.000.000,-	Rp. 162.000.000,-
4	total biaya	Rp. 864.000.000,-	Rp. 836.680.000,-

Berdasarkan dari data *loeses* penelitian ini membandingkan penghematan yang bisa dilakukan dari metode pemasangan kapasitor bank *global compensation* dan kapasitor bank *group compensation*. Kapasitor bank *global compensation* mampu melakukan penghematan daya aktif sebesar 5.3 kW dan daya reaktif sebesar 2.6 kVAR sedangkan kapasitor bank *group compensation* mampu melakukan penghematan daya aktif sebesar 10.9 kW dan daya reaktif sebesar 15.7 kVAR.

PT Bukit Asam menggunakan pembangkit dari PLN sebesar 20 MW sebagai cadangan dari sistem kelistrikan. Berdasarkan data perhitungan tarif daya listrik yang telah ditetapkan oleh perusahaan listrik negara. Maka dapat menghitung penghematan ekonomi yang dapat dilakukan oleh pemasangan kapasitor *global compensation* dan *group compensation* yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Penghematan daya aktif dan reaktif kapasitor bank

Penghematan	*Global compensation*	*Group compensation*
Daya aktif	Rp. 72.331.116/tahun	Rp. 148.757.040/tahun
Daya reaktif	Rp. 97.789.710/tahun	Rp. 153.732.444/tahun
total	Rp. 170.120.826/tahun	Rp. 302.489.484/tahun

Pada Tabel 4.12 penghematan yang paling besar dilakukan pada pemasangan kapasitor bank *group compensation*. Pemasangan kapasitor bank pada *group compensation* ini mampu melakukan penghematan sebesar Rp. 302.489.484/tahun sedangkan pemasangan kapasitor bank pada *global compensation* sebesar Rp. 170.120.826/tahun.

Berdasarkan data dari ETAP apabila perusahaan PT Bukit Asam tidak menggunakan kapasitor bank maka akan dikenakan denda oleh PLN dikarenakan faktor daya pada sistem kelistrikan PT Bukit Asam 0.844 *lagging* yang berarti dibawah dari standard PLN yaitu 0.85 *lagging* [5]. Denda yang harus dibayar oleh perusahan PT Bukit Asam kepada PLN apabila tidak menggunakan kapasitor bank sebesar RP. 1.184.978/hari. Pada Tabel 4.13 membandingkan total biaya perancangan kapasitor bank dengan keuntungan pemasangan kapasitor bank. Dalam waktu berapa tahun biaya perancangan kapasitor bank dapat dikembalikan dengan keuntungan pemasangan kapasitor bank tersebut. Penelitian ini membandingkan pemakaian kapasitor bank dalam waktu 10 tahun kedepan.

Tabel 4.13 Tabel keuntungan pemasangan kapasitor bank

Tahun	Letak kapasitor bank	
	Global compensation	*Group compensation*
0	- Rp. 864.000.000,-	- Rp. 836.680.000,-
1	-Rp. 693.879.174,-	- Rp. 534.190.516,-
2	- Rp. 523.758.348,-	- Rp. 231.701.032,-
3	- Rp. 353.637.522,-	+ Rp. 70.788.452,-
4	- Rp. 183.516.696,-	+ Rp. 373.277.936,-
5	- Rp. 13395870,-	+ Rp. 675.767.420,-
6	+ Rp. 156724956,-	+ Rp. 978.256.904,-
7	+ Rp. 326845782,-	+ Rp. 1.280.746.388,-
8	+ Rp. 496966608,-	+ Rp. 1.583.235.872,-
9	+ Rp. 667087434,-	+ RP. 1.885.725.356,-
10	+ Rp. 837208260,-	+ RP. 2.188.214.840,-

Pada tabel 4.13 dapat dilihat pada tahun ke-6 pemasangan kapasitor bank pada *global compensation* baru mendapatkan keuntungan sedangkan pemasangan kapasitor bank *group compensation* mendapatkan keuntungan pada tahun ke-3. Jadi pemasangan kapasitor bank *group compensation* keuntungannya lebih besar dibandingkan pemasangan kapasitor bank *global compensation*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemasangan kapasitor bank *group compensation* lebih optimal dibandingkan pemasangan kapasitor bank *global compensation* pada jalur distribusi CHF 3 PT Bukit Asam. Berdasarkan 4 faktor yang menjadi pertimbangan penelitian ini yaitu dari faktor rugi-rugi daya, profil tegangan, cos phi (faktor daya), dan dari faktor ekonomi. Pemasangan kapasitor bank *group compensation* mempunyai keunggulan dalam 3 faktor dibandingkan dengan pemasangan kapasitor bank *global compensation*. Pemasangan kapasitor bank pada *group compensation* mempunyai 3 faktor keunggulan dari 4 faktor yang menjadi pertimbangan yaitu :

1. Pemasangan kapasitor bank *group compensation* mempunyai rugi-rugi daya 57 kW sedangkan pemasangan kapasitor bank *global compensation* sebesar 62.6 kW, jadi pemasangan kapasitor bank *group compensation* mempunyai rugi-rugi daya yang lebih kecil dibandingkan pemasangan kapasitor bank *global compensation*.
2. Profil tegangan pada pemasangan kapasitor bank *group compensation* lebih bagus dibandingkan dengan pemasangan kapasitor bank *global compensation* berdasarkan data yang ditunjukan pada Tabel 4.9.
3. Dari faktor ekonomi biaya pemasangan kapasitor bank *group compensation* sebesar Rp.836.680.000,- sedangkan pemasangan kapasitor bank *global compensation* sebesar Rp.864.000.000,- jadi biaya pemasangan kapasitor bank *group compensation* lebih rendah dan juga dari keuntungan penghematan daya jika dijadikan nilai ekonomi penghematannya lebih besar pemasangan kapasitor bank *group kompensation* yaitu sebesar Rp. 302.489.484/tahun sedangkan pemasangan kapasitor bank *global compensation* hanya sebesar Rp. 170.120.826/tahun.

Untuk keadaan cos phi (faktor daya) pada saat pemasangan kapasitor bank

global compensation maupun *group compensation* mempunyai faktor daya yang sama yaitu sebesar 0.961.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penilitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dengan adanya penilitan ini diharapkan menjadi acuan untuk melakukan penghematan biaya listrik khususnya bagi indsutri yang menggunakan kapasitas daya yang besar dalam penggunaan beban induktif sehingga dapat mengurangi rugi-rugi dari sistem tenaga listrik.
2. Diharapkan penelitian ini dapat dilanjutakan oleh peniliti lain untuk dapat menemukan metode yang lebih baik dari metode yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Rahmat Putra Syawal, "ANALISA PENGARUH PEMASANGAN KAPASITOR BANK TERHADAP FAKTOR DAYA (STUDI KASUS GARDU DISTRIBUSI FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HALU OLEO)," pp. 1–79, 2015.

[2] Http://www.pembangkitlistrik.com/perbaikan-susut-daya-dan-jatuh-tegangan-dengan-pemasangan-kapasitor/, "Perbaikan Susut Daya dan Jatuh Tegangan dengan Pemasangan Kapasitor," pp. 1–7, 2018.

[3] http://listrik.org/pln/tarif-dasar-listrik-pln/, "Tarif Dasar Listrik PLN Maret," pp. 1–405, 2018.

[4] J. M. Elektro, A. S. Sampeallo, W. F. Galla, and R. A. Oematan, "Analisis Jatuh Tegangan Pada Penyulang 20 kV Berdasarkan pada Perubahan Beban (Studi Kasus Penyulang Penfui dan Penyulang Oebobo PT . PLN Persero Rayon Kupang)," vol. 1, no. 3, pp. 111–118, 2013.

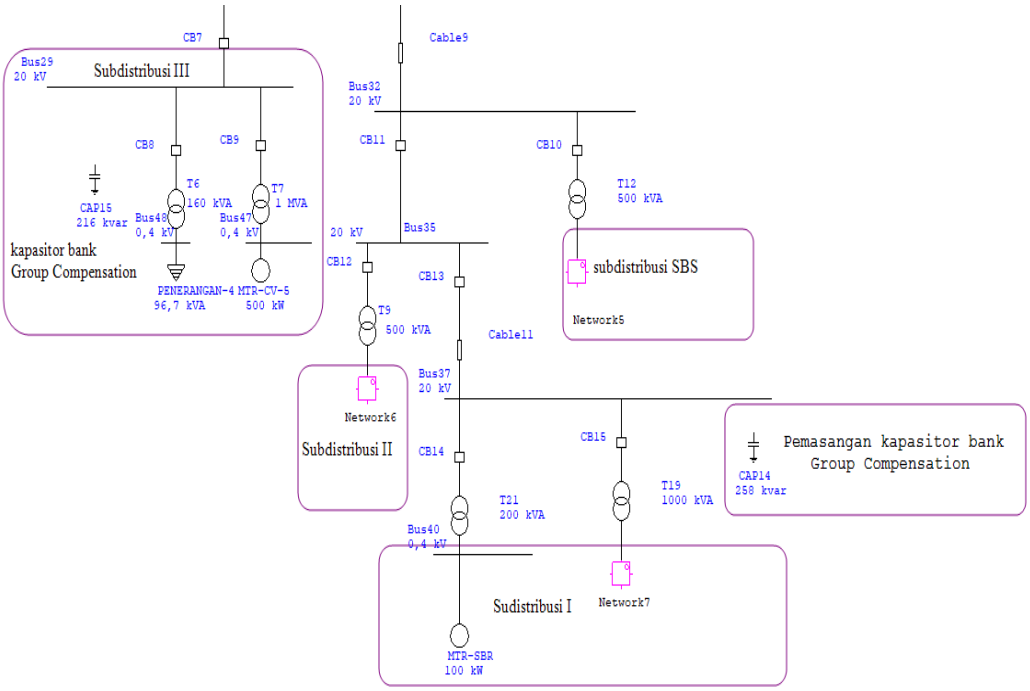
[5] D. Tampubolon and M. Sjani, "OPTIMALISASI PENGGUNAAN KAPASITOR BANK PADA JARINGAN 20 KV DENGAN SIMULASI ETAP (Studi Kasus Pada Feeder Srikandi di PLN Rayon Pangkalan Balai , Wilayah Sumatera Selatan)," no. 1.

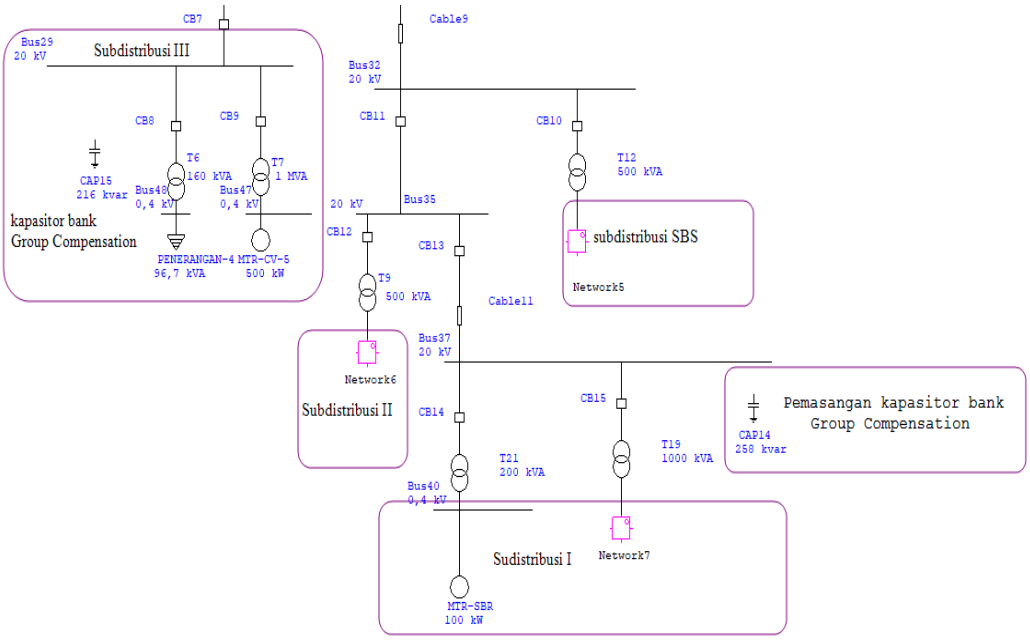
[6] T. N. Hartono, "Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Beban Rumah Tangga dengan Menggunakan Switching Kapasitor dan Induktor Otomatis," pp. 1–7.

[7] G. Arus, D. Tegangan, and P. R. Shaniya, "Perencanaan Alat Koreksi Faktor Daya Dengan Metode Perbandingan."

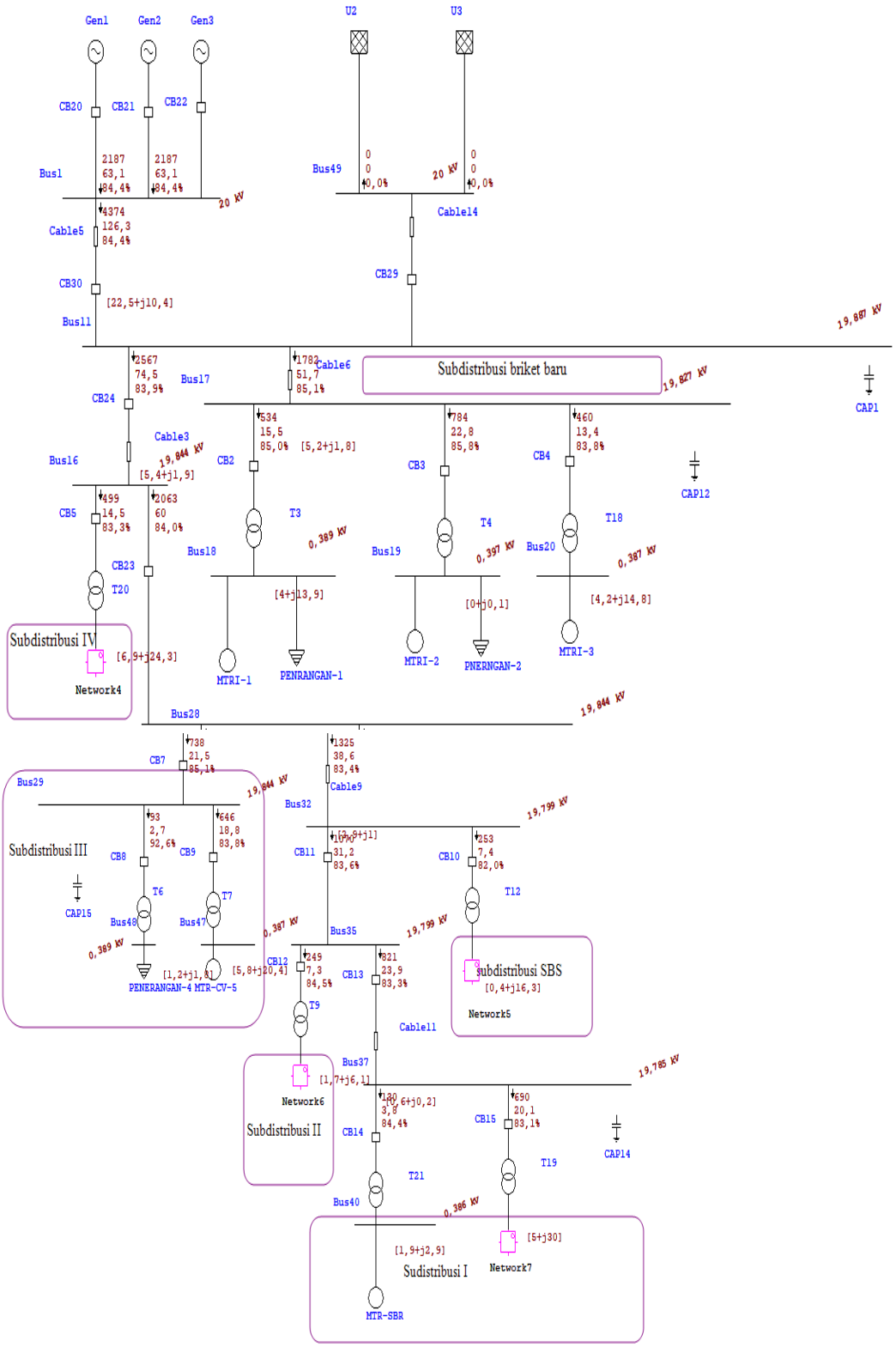
[8] P. Biaya, L. Di, and K. U. D. Tani, "Analisa perbaikan faktor daya untuk penghematan biaya listrik di kud tani mulyo lamongan."

LAMPIRAN

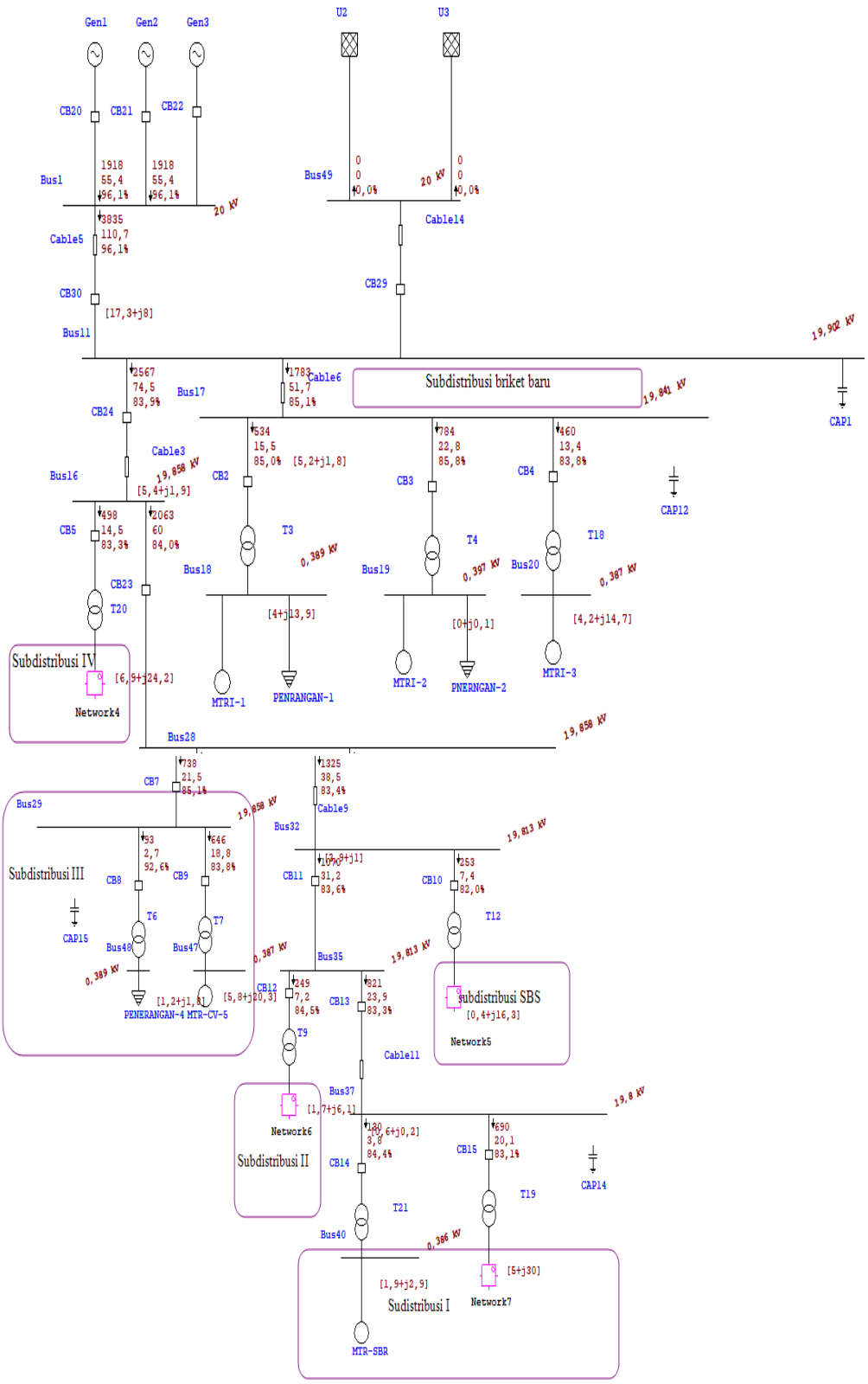




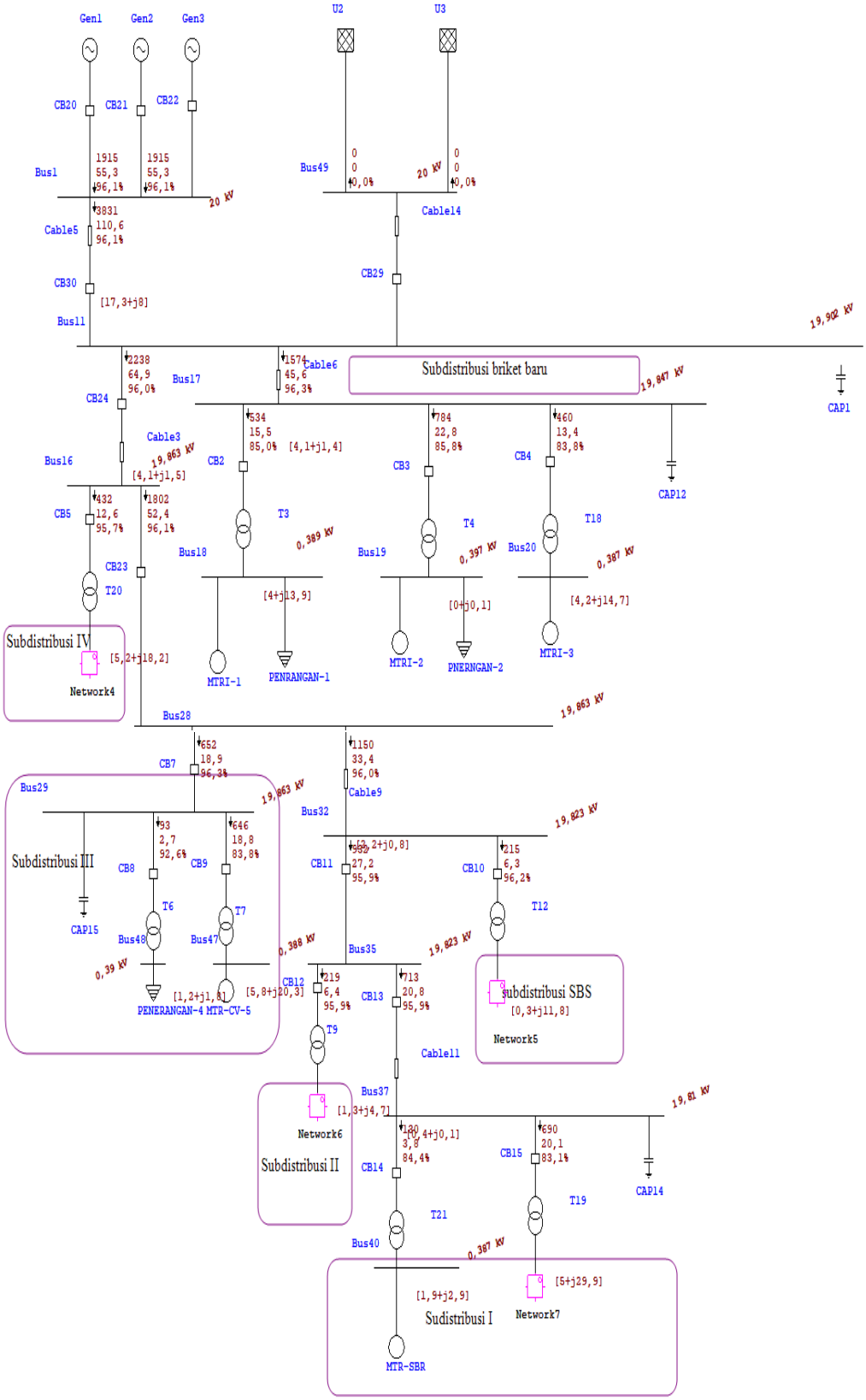
Gambar diagram segaris simulasi CHF 3



Gambar hasil simulasi aliran daya tanpa kapasitor bank



Gambar hasil simulasi aliran daya dengan kapasitor bank *global compensation*



Gambar hasil simulasi aliran daya dengan kapasitor bank *group compensation*